

文章编号: 0253-9985(2009)04-0431-07

辽东湾坳陷古近系东营组泥岩 对油气藏分布的控制作用

徐长贵¹, 朱秀香^{2,3}, 史翠娥^{2,3}, 王海军^{2,3}

[1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452 2. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249]

3. 中国石油大学 油气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249]

摘要: 辽东湾坳陷位于渤海湾盆地东北部, 油气聚集层位从北向南逐渐变新, 北部和中部大部分油气藏都分布于古近系东营组和沙河街组地层中, 油气藏的这种分布特点与坳陷中“北厚南薄”的东营组泥岩有着密切的关系。结合辽东湾坳陷构造特征、沉积体系演化及地层发育特点, 通过对东营组泥岩产生的超压, 及泥岩和砂体、断层、不整合面等疏导体系的配置的研究, 探讨了辽东湾坳陷东营组泥岩对油气藏分布的控制作用。东营组泥岩与断层、油源、砂体等多种因素联合通过 5 种作用控制了坳陷内油气藏的分布。其中巨厚泥岩产生的超压对北部和中部油气藏的控制作用最为明显, 油气藏主要分布于东营组及下伏地层中。

关键词: 超压体系; 泥岩盖层; 油气藏; 东营组; 辽东湾坳陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE112.3 **文献标识码:** A

Control of the Dongying Formation mudstone upon the distribution of hydrocarbon accumulations in the Liaodong Bay Depression

Xu Changgu¹, Zhu Xiuxiang^{2,3}, Shi Cuie^{2,3}, Wang Haijun^{2,3}

(1. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300452, China; 2. Research Center for Basins and Reservoirs, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract The Liaodong Bay depression is located in northeastern Bohai Bay Basin. Hydrocarbon-bearing layers in the depression present a trend of becoming younger from north to south. Most hydrocarbon accumulations in the northern and central parts of the depression are distributed in the Dongying and Shahejie formations—a pattern closely related with the mudstone (thicker in the north and thinner in the south) in the Dongying Formation. Considering the structural features, evolution of depositional systems, and formation development in the Liaodong Bay depression, we studied the overpressure created by the mudstone in the Dongying Formation and the configurations of the mudstone with carrier systems such as sand bodies, faults, unconformities, and discussed the controlling effect of the mudstone on hydrocarbon accumulations in the Liaodong Bay depression. The result shows that the mudstone, together with faults, oil sources and sandbodies, control the distribution of oil and gas accumulations. Of these factors, the overpressure created by the thick mudstone has a strong presence in affecting the distribution of accumulations in the northern and central parts of the depression, causing most of them occurring in the Dongying Formation and its underlying layers.

Key words overpressure system; mudstone seal; hydrocarbon reservoir; Dongying Formation; Liaodong Bay Depression; Bohai Bay Basin

收稿日期: 2009-05-08。

第一作者简介: 徐长贵(1971—), 男, 高级工程师, 石油地质。

基金项目: 中海石油(中国)有限公司重点科技攻关项目(SC06TJ-TQL-004)。

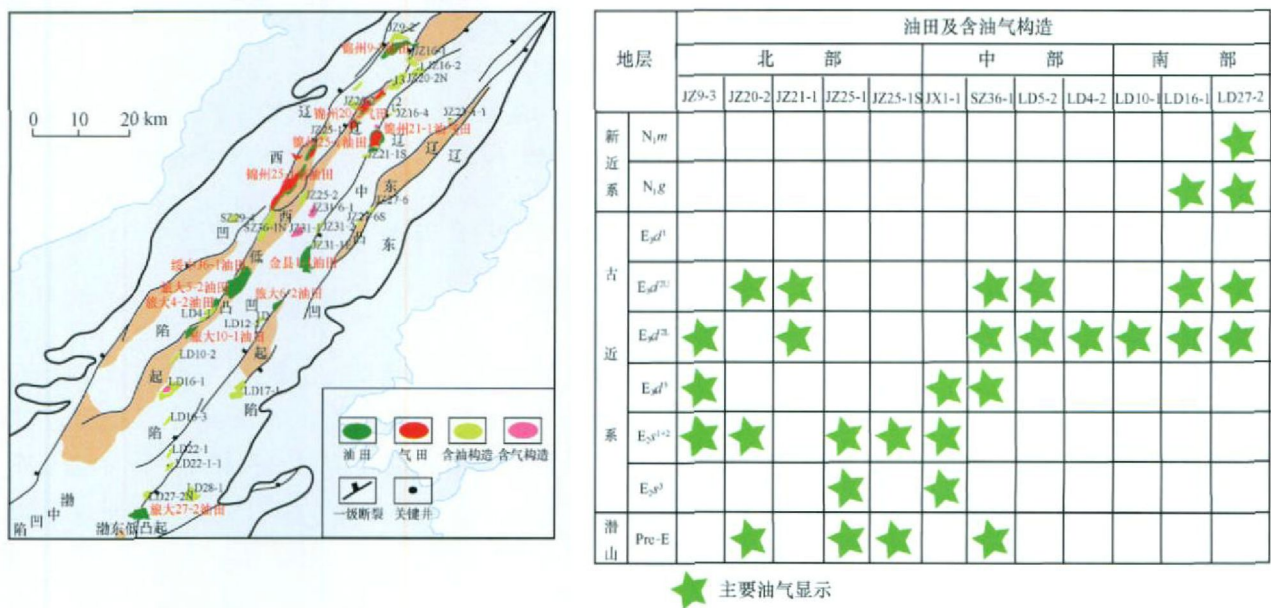


图 2 辽东湾油气藏平面和纵向分布

Fig. 2 Lateral and vertical distribution of hydrocarbon accumulations in the Liaodong Bay Depression

左)。纵向上,在不同的地区油气的分布层位不同^[13-14]。北部和中部油气主要分布在沙河街组和东营组三、二段地层中,潜山花岗岩中也有一定量的分布;南部含油层位变新,油气主要分布在新近系明化镇组、馆陶组及古近系东营组(图 2 右)。

2 东营组泥岩发育特点

2.1 沉积背景

辽东湾东营组泥岩的发育在很大程度上受东

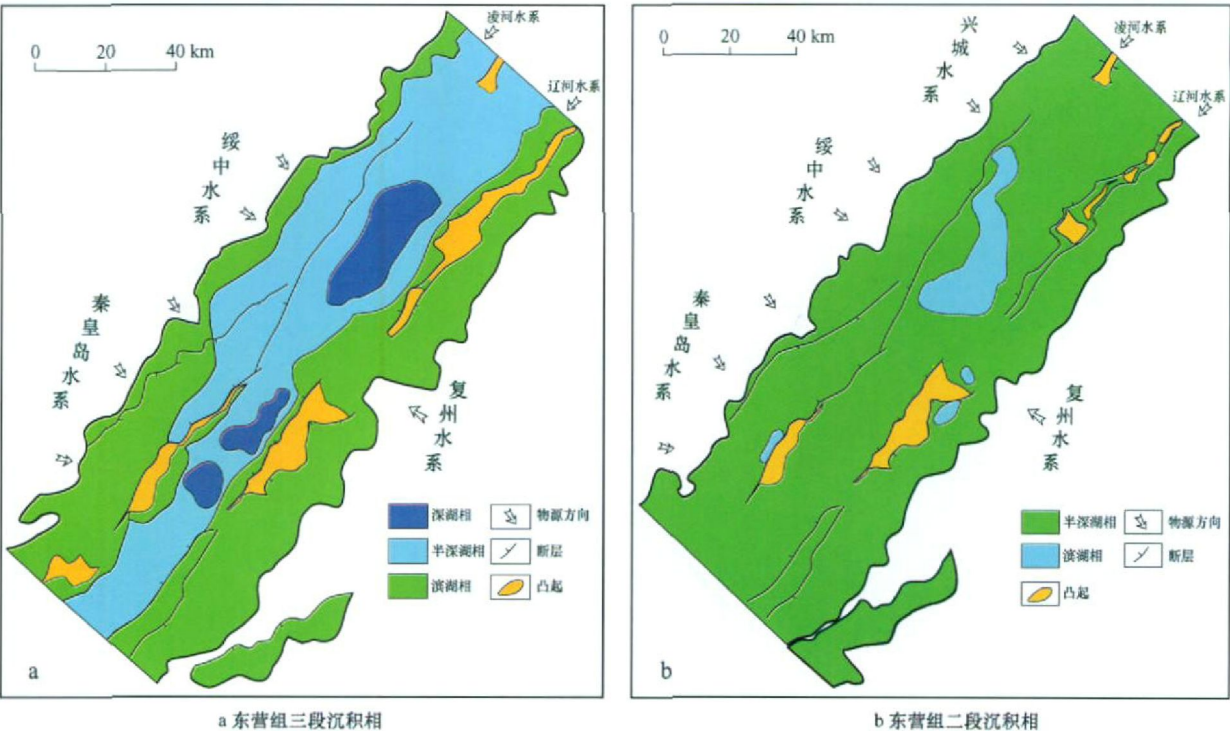


图 3 辽东湾地区东营组三段和二阶段沉积相

Fig. 3 Sedimentary facies of Ed³ and Ed² in the Liaodong Bay Depression

营组沉积时期整个坳陷沉积环境的影响。东营组三段沉积时期坳陷处于最大裂陷期,湖泊面积扩张(图 3a),以沉积深湖、半深湖泥岩为主^[5];东营组二段沉积时期,构造活动有所减弱,大多数断裂停止活动,湖泊面积开始缩减,以沉积半深湖、浅湖泥岩为主^[15 16](图 3b)。正是这两套泥岩对坳陷的油气藏分布具有明显的控制作用。

2.2 分布特点

由于东营组三段沉积时期,湖泊面积大,水体较深,沉积物供给不足,发育的泥岩以厚层、质纯、分布稳定为特点。东营组二段下亚段以泥岩夹砂岩为主,泥岩单层厚度变薄,但横向分布较为稳

定^[16]。通过对辽东湾探井的东营组泥岩厚度及分布的统计(图 4),可以看出研究区泥岩的分布呈北东向展布,北厚南薄,最厚位于凹陷北部,可达 1 200 m,向南部和凹陷边缘逐渐减薄。

3 东营组泥岩对油气藏分布的控制作用

坳陷内沉积相带的变化、各级断层活动的差异及其本身的构造背景演化,使得东营组泥岩对于油气藏分布的控制作用,在坳陷内不同地区各不相同。本文将从 5 个方面论述东营组泥岩对油气藏分布的控制作用。

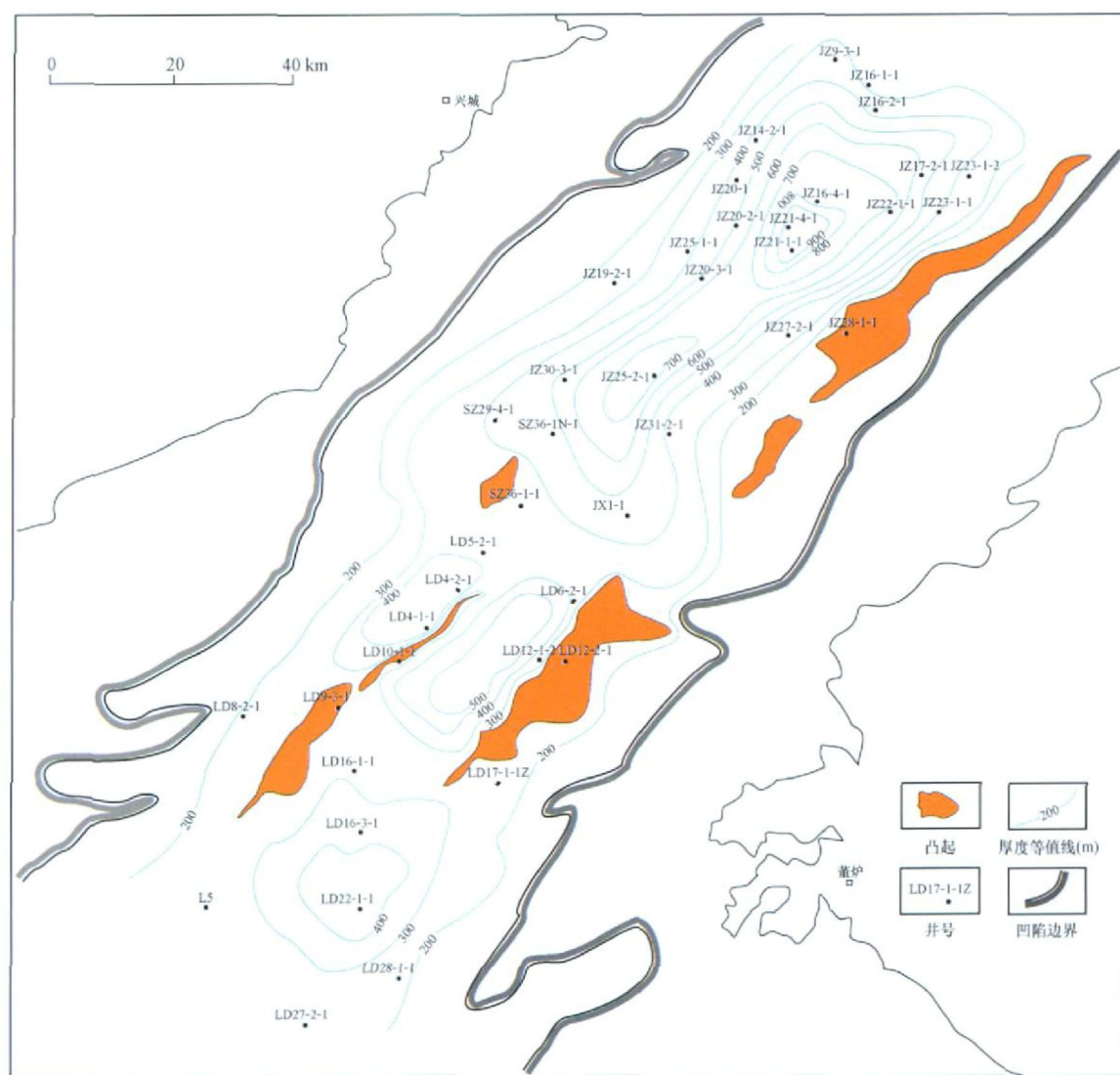


图 4 辽东湾坳陷东营组泥岩厚度分布

Fig. 4 Thickness of the Dongying Formation mudstone in the Liaodong Bay Depression

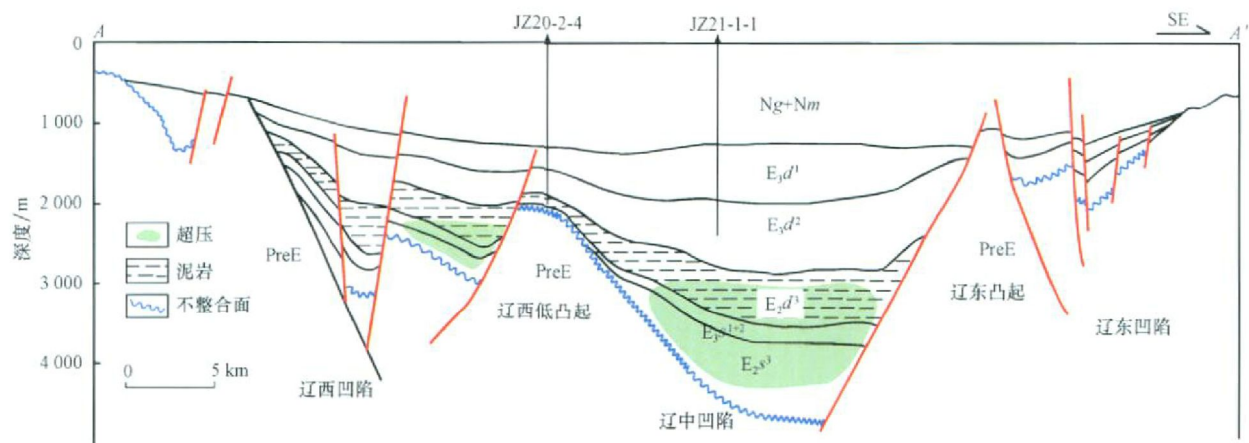


图 5 辽东湾北部泥岩分布剖面

Fig. 5 Profile of mudstone distribution in the northern Liaodong Bay

(剖面位置见图 1)

3.1 巨厚泥岩形成超压控制北部油气藏分布

辽东湾北部东三段泥岩最为发育, 厚度大, 分布范围广, 横跨辽西低凸起 (图 5)。由于东营组泥岩在成岩过程中遭欠压实、粘土矿物脱水和有机质生烃作用^[3 4 17], 同时受到郯庐断裂新生代强烈的右旋走滑运动所派生的挤压应力场影响, 形成了辽东湾浅部的东三段超压系统, 浅部超压带在辽东湾北部横跨辽西低凸起, 最高压力系数可达 1.9, 平均剩余压力达 19.5 MPa^[3]。

浅层超压系统对于辽东湾北部的油气分布控制作用非常明显。现在北部发现的多个油气田和含油气构造, 如 JZ20- 2、JZ21- 1、JZ14- 2、JZ16- 2等都与超压有关 (表 1)。油气藏压力系数主要在 1.18~ 1.65 之间, 少数油气藏达到 1.75~ 1.93, 如 JZ20- 2E 沙二段油气藏压力系数为 1.75。

表 1 辽东湾油气藏压力系数

Table 1 Pressure coefficient statistics of reservoirs in the Liaodong Bay		
油气田及含油气构造	油气藏层位	地层压力系数
JZ20- 2	E ₃ s M z Pt	1.60
JZ21- 1	E ₃ d ²	1.66
JZ14- 2	E ₃ s ²	1.29~ 1.41
JZ20- 1	E ₃ s ²	1.40~ 1.60
JZ16- 1	E ₃ s ²	1.30
JZ16- 2	E ₃ s ²	1.13~ 1.84
JZ20- 2N2	E ₃ s ¹⁺²	1.50
JZ16- 4	E ₃ d ³	1.93

JZ16- 2 沙二段油气藏压力系数达 1.83, JZ16- 4 东三段油气藏压力系数高达 1.9^[4]。

在超压边缘, 虽然压力系数降低, 趋于常压, 但由于东三段巨厚的泥岩形成良好的封盖, 有利于沙河街组厚层油气藏的形成。位于辽西低凸起北部的 JZ25- 1 油田, 东三段高达 300 多米厚的质纯泥岩, 是该地区沙河街组获得高产油气的重要保障。

在超压的控制下, 辽东湾北部地区油气以箱内成藏和箱缘成藏两种模式为主。其中箱内成藏模式主要分布在辽中北洼及其围区的沙河街组和潜山中; 箱缘成藏模式主要分布在洼陷周边, 及其超压顶部的东二段中。

3.2 泥岩与不整合面、断层形成长距离输导体系控制缓坡油气藏分布

辽东湾发育多个不整合面, 这种不整合面大多位于辽西低凸起潜山之上, 由于东三段巨厚泥岩的封盖作用, 使得辽中凹陷的油气无法向上运移, 油气通过厚层泥岩之下的断层和不整合面组成的长距离输导体系向凸起斜坡或顶部聚集成藏, 如 JZ25- 1 南油气田就属此类 (图 6)。

3.3 泥岩发育与断层活动性耦合控制中部东营组二段油气藏分布

古近纪渐新世东二下段是辽东湾最富集的含油层位, 分布范围广。东二段油气的聚集与东二

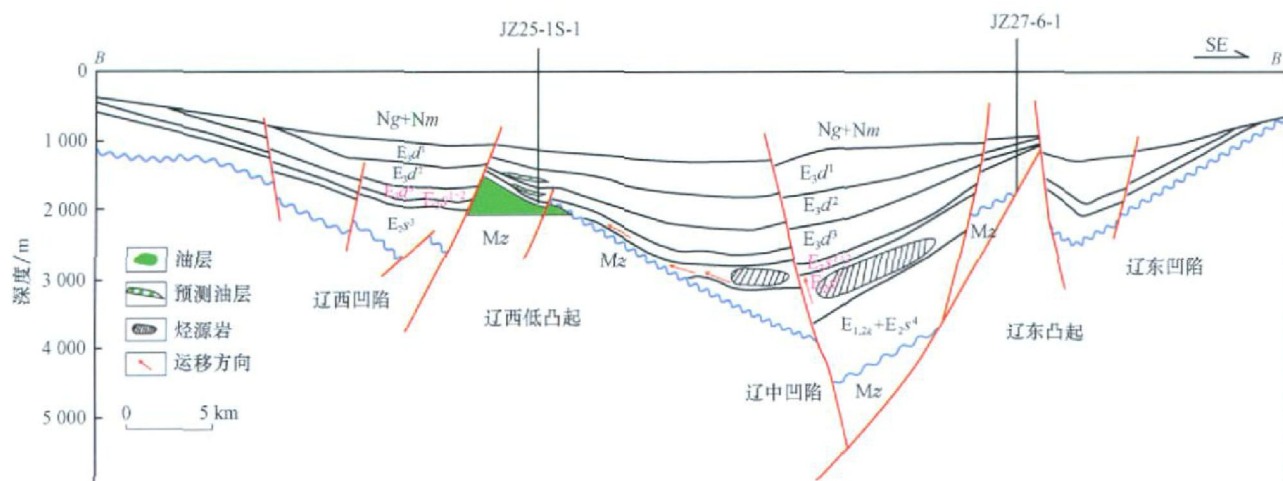


图 6 JZ25-1S 油气藏运聚模式

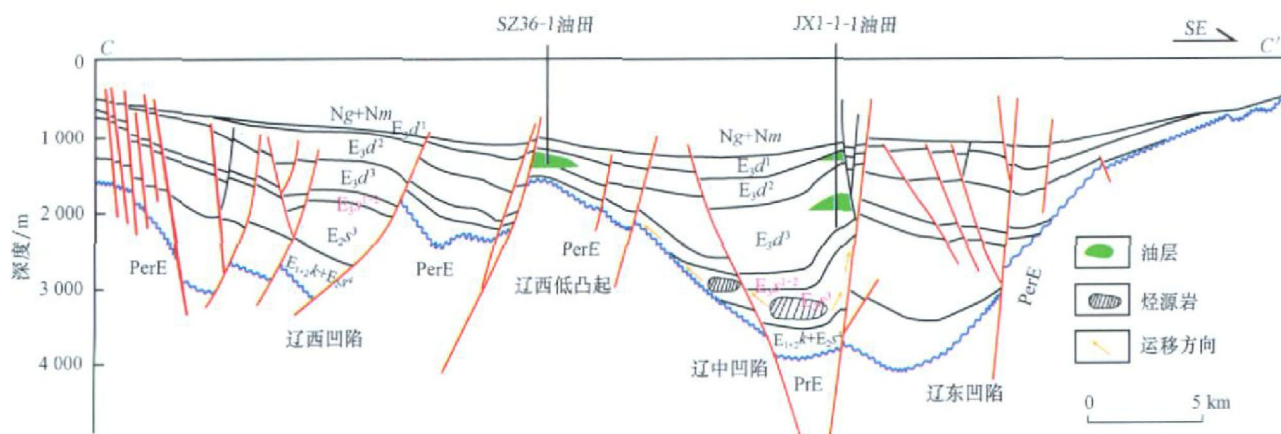
Fig. 6 Migration and accumulation patterns of JZ25-1S reservoir
(剖面位置见图 1)

图 7 辽东湾中段油气成藏模式

Fig. 7 Hydrocarbon pooling patterns in the central Liaodong Bay
(剖面位置见图 1)

段砂泥互层和断层的活动耦合性有着密切的关系。如位于辽西低凸起的 SZ36-1 披覆油田和坳陷中部的 JX1-1 断块油田, 富含油气构造中断层、砂体和泥岩盖层的良好组合是这两个大油田成藏的关键 (图 7)。

SZ36-1 油田位于辽西低凸起上, 凸起两侧为长期活动的大断裂, 凸起上沉积的地层以东营组及其上覆新近系馆陶组、明化镇组和第四系的平原组为主, 其中东二段地层较厚, 以三角洲前缘砂体为主, 目前所发现的油气大多分布于东营组

二段层位中。一方面东营组二段岩性以砂泥互层为主, 可以形成良好的自储自盖组合, 又与断层相连通, 是油气聚集的理想场所; 另一方面, 辽西 1 号断裂在东二段末期活动性逐渐变弱, 使得

油气继续向上运移更加困难。

JX1-1 构造位于辽东 1 号大断裂下降盘, 辽东 1 号大断裂为辽中凹陷东界断层, 有规模大, 活动时间长的特点, 是沟通油源的关键; 由于 JX1-1 的构造位于辽东凸起南北分段的交接处, 形成凹陷东部向辽中凹陷的一个“决口”, 凹陷东部的沉积物都通过这个“决口”进入辽中凹陷, 当沉积物穿过这个“决口”时, 散开、流速变慢, 从而使得 JX1-1 地区砂体富集, 和辽东 1 号大断裂形成很好的断砂组合。辽东 1 号断裂在东营晚期活动减弱, 上覆泥岩对下伏的断砂组合形成良好的封盖。来自辽中凹陷的油气, 通过辽东 1 号断裂或其派生断裂运移到 JX1-1 构造古近系砂体成藏^[18]。

3.4 局部泥岩盖层与砂体组成储盖组合控制南部部分油气藏分布

辽东湾南部由于凸起长期发育, 东营组泥岩分布有限, 仅能做局部盖层。另外, 南部地区, 断层活动强烈, 持续时间长, 大多数断层“断穿”新近系^[1], 东营组泥岩不能完全封盖油气, 使油气沿断层运移至古近系东营组砂体、新近系的馆陶组砂体和明化镇组砂体中, 形成多段油气成藏, 东二段泥岩仅对东二段砂岩、潜山中的油气藏起控制作用, 如 LD16-1、LD27-2 等。

3.5 泥岩中的砂岩透镜体控制研究区内岩性油气藏分布

岩性油气藏是由于地层岩性的变化, 使得油气向物性好的层段聚集^[19]。辽东湾地区岩性油气藏主要发育在东三段的一些泥岩中的透镜砂体中, 如 JX1-1 发现的东三段湖底扇砂体油气藏、JZ9-3 辫状河三角洲前缘岩性油气藏和 JZ27 区发现东营组岩性油气藏^[20], 都是岩性控藏的代表。目前由于勘探程度较低, 岩性油气藏发现较少, 但其勘探潜力巨大。

4 认识

辽东湾坳陷东营组泥岩对其油气藏分布具有重要控制作用, 尤其是坳陷中部和北部东营组厚层泥岩作为区域直接盖层, 阻止油气的垂向运移, 所以中、北部的勘探应重点寻找古近系中有利的圈闭和砂体。泥岩在坳陷南段厚度变薄, 但对于东营组及下伏地层中的油气藏还是具有一定的封盖作用, 南区的古近系仍值得勘探。另外, 分析东营组泥岩的发育对坳陷进行下一步隐蔽油气藏的勘探也具有极其重要的意义。

参 考 文 献

- 1 漆家福, 陈发景. 下辽河—辽东湾新生代裂陷盆地的构造解析 [M]. 北京: 地质出版社, 1995
- 2 姜培海. 辽西低凸起油气成藏的主要控制因素及勘探潜力

- [J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(4): 24~27
- 3 李潍莲, 刘震, 于水, 等. 地温—地压场特征与油气分布的关系——以辽东湾地区为例 [J]. 天然气工业, 2006, 26(9): 17~20
- 4 刘廷海, 王应斌, 陈国童, 等. 辽东湾北区油气藏特征、主控因素与成藏模式 [J]. 中国海上油气, 2007, 19(6): 372~376
- 5 付广, 张发强, 延防. 厚度在泥岩盖层封盖油气中的作用 [J]. 天然气地球科学, 1998, 9(6): 20~25
- 6 郑朝阳, 张文达, 朱盘良. 盖层类型及其对油气运移聚集的控制作用 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(2): 96~101
- 7 何光玉, 张卫华. 泥岩盖层研究现状及发展趋势 [J]. 天然气地球科学, 1997, 8(2): 9~12
- 8 Milliken K L, Land L S. Fluid dynamics for cap-rock formation in Gulf Coast [J]. AAPG Bulletin, 1982, 66(12): 2 685~2 687
- 9 David N D, Richard M J, Mark D R. Micro-structural and petro-physical characterization of Mudering Shale application to top seal risking [J]. Petroleum Geoscience, 2002, 8: 371~383
- 10 吕希学, 许凤鸣, 张斌. 车古 20 潜山地区上古生界泥岩盖层的评价及其对成藏控制 [J]. 大庆石油学院学报, 2003, 27(3): 1~3
- 11 姜继玉, 姜艳春, 赵玉珍. 乌尔逊凹陷大一段泥岩盖层封盖保存条件定量评价 [J]. 大庆石油学院学报, 2009, 33(2): 36~39
- 12 胡国艺, 汪晓波, 王义凤, 等. 中国大中型气田盖层特征 [J]. 天然气地球科学, 2009, 20(2): 162~166
- 13 范军侠, 李宏伟, 朱筱敏, 等. 辽东湾北部地区走滑构造特征与油气富集规律 [J]. 古地理学报, 2006, 8(3): 415~418
- 14 翟中喜, 白振瑞. 渤海湾盆地石油储量增长规律及潜力分析 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 88~94
- 15 池英柳, 赵文智. 渤海湾盆地油气富集的形成与分布 [J]. 勘探家, 2000, 5(1): 9~16
- 16 朱筱敏, 董艳蕾, 杨俊生, 等. 辽东湾地区古近系层序地层格架与沉积体系展布 [J]. 中国科学 (D 辑), 2008, 38: 1~10
- 17 曾金昌. 渤海辽东湾辽中北洼欠压实特征及其与油气的关系 [J]. 中国海上油气, 1995, 9(6): 361~366
- 18 邓津辉, 周心怀, 魏刚, 等. 郯庐走滑断裂带活动特征与油气成藏的关系——以金县地区为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 102~106
- 19 李明诚, 单秀琴, 马成华. 砂岩透镜体成藏的动力学机制 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 209~214
- 20 王元君, 王峻, 周心怀, 等. 辽东湾辽中凹陷 J27 区东营组岩性圈闭成藏条件研究 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2008, 35(5): 523~527

(编辑 董立)